

## KARAKTERISTIK DAN SIFAT MEKANIK KARET KLON IRR SERI 300 UNTUK KARET SPESIFIKASI TEKNIS

*Characteristics and Mechanical Rubber Properties of 300 Series Clone for Technically  
Specified Rubber*

Andi WIJAYA\*, Afdholiatu SYAFAAH, Sigit ISMAWANTO, dan Fetrina OKTAVIA

Pusat Penelitian Karet, Jalan Raya Palembang-Pangkalan Balai, Km. 29, Banyuasin,  
Sumatera Selatan

\*E-mail: andi.puslitkaret@gmail.com

Diterima: 16 Maret 2025/Disetujui: 16 Desember 2025

### **Abstract**

*This study aimed to evaluate the characteristics and mechanical properties of natural rubber derived from IRR 300 series clones as promising candidates to produce technically specified rubber (TSR). A total of 21 IRR 300 series clones, selected through the breeding program of the Indonesian Rubber Research Institute, were evaluated. Latex samples were collected from the Sembawa Experimental and Production Estate, Banyuasin, South Sumatra. The samples were subsequently analyzed for raw rubber and rubber compounds using several parameters, including dry rubber content (DRC), initial plasticity (Po), plasticity retention index (PRI), Mooney viscosity, ash content, volatile matter content, and mechanical properties. The results showed that the DRC of the IRR 300 series clones ranged from 39.68% to 46.33%. Among the tested clones, IRR 309 exhibited the best performance, with the highest values of Po (49), PRI (76.83), and Mooney viscosity (80), indicating superior oxidative resistance and better processing stability. All IRR 300 series clones met the requirements of SNI 1903:2017 for SIR 10 in terms of Po/PRI, ash content, and volatile matter content. Based on these properties, IRR 309 was identified as the most promising clone for application in the TSR industry, followed by IRR 310, which demonstrated balanced overall performance. This characterization provides an important basis for the selection of superior rubber clones to meet the raw material requirements for technically specified rubber.*

**Keywords:** IRR 300; mechanical properties; TSR; SIR 10

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik dan sifat mekanik karet alam dari klon IRR seri 300 sebagai kandidat unggul untuk produksi karet spesifikasi teknis (TSR). Terdapat 21 klon IRR seri 300 yang merupakan hasil seleksi peneliti pemuliaan Pusat Penelitian Karet. Sampel lateks diperoleh dari Kebun Percobaan dan Produksi Sembawa, Banyuasin, Sumatera Selatan. Sampel kemudian dianalisis untuk karet mentah dan kompon karet dengan parameter, yaitu kadar karet kering (KKK), plastisitas awal (Po), indeks ketahanan plastisitas (PRI), viskositas *Mooney*, kadar abu, dan kadar zat menguap serta parameter sifat fisik mekanik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa KKK klon IRR 300 berada pada rentang 39,68–46,33%. Klon IRR 309 menunjukkan performa terbaik pada parameter Po (49), PRI (76,83), dan viskositas *Mooney* (80). Parameter tersebut mengindikasikan ketahanan oksidatif dan stabilitas proses yang lebih baik. Seluruh klon IRR seri 300 memenuhi persyaratan SNI 1903:2017 untuk SIR 10 parameter Po/PRI, kadar abu, dan zat menguap. Berdasarkan sifat-sifat tersebut, klon IRR 309 dinilai paling potensial untuk diaplikasikan dalam industri TSR, diikuti IRR 310 yang memiliki performa seimbang. Karakterisasi ini memberikan dasar penting dalam menentukan klon unggul untuk pemenuhan kebutuhan bahan baku karet spesifikasi teknis.

**Kata kunci:** IRR seri 300; sifat mekanik; TSR; SIR 10

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan bahan tanam okulasi pada tanaman karet, atau yang dikenal sebagai tanaman karet klonal, telah dilakukan sejak tahun 1916 untuk menghasilkan klon-klon unggul dan menciptakan industri perkebunan yang kompetitif (Aidi-Daslin, 2014). Pentingnya kualitas lateks karet alam dari tanaman klonal juga memberikan gambaran terhadap kualitas produk karet yang dihasilkan sehingga mampu menghasilkan produk yang dapat bersaing secara luas di pasar.

Muniandy (1990) melaporkan bahwa pemilihan bahan klon karet alam yang tepat berperan penting terhadap kualitas produk berbasis karet alam, baik untuk produk lateks maupun ban yang saat ini mencapai 70% dari total produksi global. Oktavia et al., (2014) dalam penelitiannya juga melaporkan bahwa untuk memperoleh mutu lembaran asap kering (RSS) yang optimal diperlukan dukungan bahan tanaman dari klon unggul.

Sebagai elastomer alami, karet memiliki sifat fleksibilitas tinggi, daya regang dan elastisitas yang sangat baik, ketahanan tarik dan sobek yang tinggi, serta kemampuan redaman getaran dan keausan yang baik (Omar et al., 2025; Williams A. O, 2022). Karena sifat-sifat inilah karet alam tetap dipertahankan sebagai bahan unggulan untuk aplikasi elastisitas, daya tahan, dan performa dinamis seperti ban kendaraan, *seal*, komponen otomotif, produk industri, serta produk kesehatan berbasis karet sehingga konsumsi karet alam secara global masih sangat diminati.

Menurut (Khin et al., 2022) konsumsi karet alam diprediksi akan mengalami peningkatan di masa mendatang, terutama di China, India, dan beberapa negara lainnya setelah pandemi Covid-19. Hal ini menunjukkan bahwa karet alam masih sangat diminati karena sifat-sifatnya yang unggul.

Penelitian terdahulu mengenai karakteristik klon karet telah banyak dilakukan dengan tujuan untuk menentukan sifat awal karet sebelum diproses menjadi karet spesifikasi teknis (*Technically Specified Rubber/TSR*) dan lateks pekat. Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa sifat karet yang berkaitan dengan jenis klon meliputi nilai plastisitas awal (Po), indeks retensi plastisitas (PRI), dan viskositas *Mooney* (Ahmad, 2017; S. He et al., 2022).

He et al., (2022) melaporkan bahwa sifat teknis karet seperti berat molekul dapat dipengaruhi oleh tanaman klon. Disamping itu, kandungan nitrogen juga berkorelasi dengan besarnya ukuran partikel karet. Manoel Biagi Moreno et al., (2003) mengevaluasi parameter lateks dan karet alam dari beberapa klon *Hevea brasiliensis* yang direkomendasikan di São Paulo, Brasil. Penelitian tersebut menganalisis kadar karet kering (KKK), Po, PRI, dan viskositas *Mooney* dari lateks klon seperti GT 1, PB 235, IAN 873, dan RRIM 600. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi antar klon terkait sifat fisik dan reologi lateks yang berdampak terhadap mutu karet mentah. Karakteristik diagnosis lateks dari klon karet juga telah dilaporkan oleh Junaidi et al., (2024) dan Rukkhun et al., (2020) untuk mendukung manajemen penyadapan dan peningkatan produksi lateks.

Untuk meningkatkan produktivitas karet dengan karakter agronomi unggul, Pusat Penelitian Karet (Puslit Karet) melakukan serangkaian kegiatan seleksi dan pemuliaan tanaman. Klon karet IRR seri 300 merupakan hasil seleksi pemulia tanaman yang dilakukan oleh Puslit Karet. Bahan genetik tersebut berasal dari hasil persilangan pada tahun 1991 yang menghasilkan 397 progeni (tanaman F1) (Woelan et al., 2013).

Progeni yang diseleksi berdasarkan karakter pertumbuhan dan produksi kemudian dinamakan sebagai klon IRR seri 300. Klon-klon IRR seri 300 tersebut telah diuji pada plot promosi di Kebun Percobaan Sungei Putih, Sumatera Selatan dan uji lanjutan di Kebun Percobaan Sembawa, Sumatera Selatan (Syafaah et al., 2021; Woelan et al., 2012, 2013). Karakteristik karet pada klon-klon baru perlu diketahui agar dapat menentukan end-product yang akan dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan sifat mekanik karet klon IRR seri 300, meliputi KKK, Po, PRI, viskositas *Mooney*, dan sifat mekanik karet dengan menggunakan kompon ACS-1A.

## BAHAN DAN METODE

### Preparasi Sampel

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari 2023 sampai dengan Maret 2024 di Laboratorium Teknologi Puslit Karet, Sembawa, Sumatera Selatan serta

Laboratorium Penguji, Unit Riset Bogor–Getas, Bogor, Jawa Barat. Sampel lateks yang digunakan merupakan lateks yang berasal dari 21 klon IRR seri 300 dan BPM 24 sebagai pembanding. Material tersebut berasal dari Kebun Percobaan dan Produksi Puslit Karet, Banyuasin, Sumatera Selatan. Penyadapan dilakukan menggunakan sistem sadap 1/2S d/2 pada panel BO-1 tanpa stimulasi.

Lateks yang diperoleh kemudian dikoagulasi menggunakan larutan asam format 2%, digiling menjadi lembaran, dan dikeringkan dengan oven pada suhu 100 °C selama ±3 jam untuk menentukan KKK sesuai metode ASTM D1076-88. Selanjutnya sampel dianalisis untuk mengetahui sifat karet mentah sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Setiap parameter dianalisis dan diulang sebanyak tiga kali ulangan. Penentuan plastisitas awal (Po) dan indeks ketahanan plastisitas (PRI) dilakukan dengan mengacu pada metode SNI 8425:2017, viskositas *Mooney* dilakukan dengan mengacu pada metode SNI ISO 8384:2017; kadar abu dan zat menguap dilakukan dengan mengacu pada metode ASTM D1278.

#### Pembuatan Kompon Karet

Pembuatan komponen karet ditentukan pada klon IRR 309, IRR 310, dan BPM 24 (kontrol) yang didasarkan pada penelitian sebelumnya oleh (Woelan et al., 2013) dan Oktavia et al (2025, Warta

Perkaretan) yang melaporkan bahwa diantara klon IRR 300 lainnya, IRR 309 dan IRR 310 berpotensi untuk dilepas sebagai klon unggulan PPK . Pembuatan komponen karet dilakukan pada skala laboratorium menggunakan alat *two roll-mill*. Karet terlebih dahulu dimastikasi selama 5-8 menit, kemudian bahan tambahan dimasukkan secara bertahap sesuai dengan formulasi yang disajikan pada Tabel 1. Setelah seluruh bahan tercampur, komponen karet disimpan pada suhu ruang selama minimal 24 jam sebelum dilakukan pengujian sifat pematangan (*curing properties*).

Selanjutnya komponen divulkanisasi menggunakan cetakan tekan (*compression mould*) pada suhu 150 °C dengan *hydraulic press* untuk membentuk benda uji. Benda uji tersebut digunakan untuk pengukuran sifat mekanik karet klon, meliputi modulus, perpanjangan putus, dan kuat tarik yang mengacu pada metode ASTM D412-16, serta ketahanan sobek (ASTM D624-00), waktu pematangan (ASTM D5289), dan kekerasan (ASTM D2240-15).

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 menyajikan analisis perbandingan karakteristik karet pada 21 klon karet IRR seri 300 dan BPM 24 terhadap spesifikasi *Standard Indonesian Rubber* (SIR 10) berdasarkan SNI 1903:2017. Berbagai parameter utama yang diamati meliputi

Tabel 1. Formulasi komponen karet ACS-1A (ASTM D3185)  
 Table 1. Rubber compounds formulation ACS-1A (ASTM D3185)

Bahan	Komposisi (per hundred rubber, <i>phr</i> )
Materials	Composition
Karetalam ( <i>natural rubber</i> )	100
ZnO	6
Stearic acid	0,5
MBT	0,5
Sulphur	3,5

KKK, Po, PRI, kadar abu, kadar zat menguap, dan viskositas *Mooney*, yang digunakan

untuk mengevaluasi mutu dan pengolahan dari masing-masing klon karet.

Tabel 2. Karakteristik karet dari klon IRR seri 300  
 Tabel 2. The characteristics of IRR 300 series clone

Klon Clone	KKK (%) DRC (%)	Po	PRI	Kadar abu Ash content (%)	Kadar zat menguap Volatile matter content (%)	Viskositas Mooney Mooney viscosity
IRR 300	44,26±2,11	27	54,65	0,40	0,39	65,00
IRR 301	46,32±2,50	33	78,83	0,26	0,45	66,67
IRR 302	42,15±1,92	27	55,50	0,31	0,50	60,33
IRR 303	46,33±3,16	29	78,17	0,23	0,42	65,33
IRR 304	40,22±2,31	25	60,50	0,40	0,44	59,00
IRR 305	41,82±1,53	27	51,80	0,38	0,43	63,33
IRR 306	42,70±1,59	30	78,10	0,35	0,41	60,00
IRR 307	44,66±3,25	31	65,57	0,19	0,45	67,33
IRR 308	42,57±2,00	36	65,77	0,30	0,45	71,33
IRR 309	39,69±1,03	49	76,50	0,34	0,33	80,33
IRR 310	43,58±0,87	37	63,70	0,37	0,38	71,00
IRR 311	39,68±3,10	31	67,50	0,39	0,42	63,00
IRR 312	44,08±2,41	35	71,70	0,32	0,44	70,00
IRR 313	40,89±3,28	23	58,83	0,36	0,42	56,67
IRR 315	42,98±2,00	40	73,57	0,32	0,39	80,00
IRR 316	43,96±2,95	45	74,77	0,37	0,29	77,67
IRR 317	44,94±2,18	37	79,47	0,36	0,32	66,00
IRR 318	43,27±2,26	41	76,40	0,29	0,32	77,33
IRR 319	43,49±2,06	30	71,10	0,38	0,44	66,00
IRR 321	41,39±2,27	48	64,83	0,31	0,37	77,33
IRR 323	41,23±2,47	35	65,23	0,38	0,46	73,33
BPM 24	43,79±2,52	34	56,87	0,50	0,44	66,67
SIR 10 SNI 1903:2017	na	min. 30	min. 50	max. 0,75	max. 0,80	na

Keterangan: na = not available

Remarks: \*) na = not available

### Kadar Karet Kering (KKK)

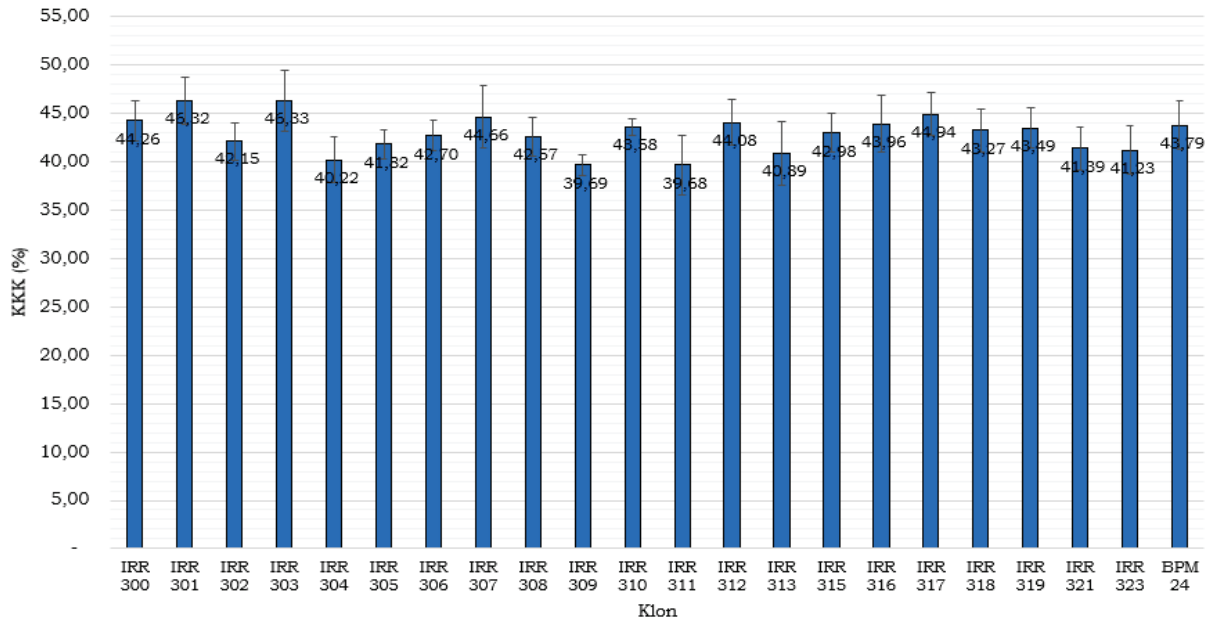
Kadar karet kering merupakan parameter penting yang menggambarkan persentase karet murni dalam lateks dan berkaitan langsung dengan potensi hasil serta nilai ekonomi bahan baku karet alam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai KKK klon IRR seri 300 berada pada kisaran 39,68–46,33%. Klon IRR 303 dan IRR 301 menunjukkan nilai KKK tertinggi, masing-masing sebesar 46,33% dan 46,32%, sedangkan nilai terendah dijumpai pada klon IRR 311 (39,68%) dan IRR 309 (39,69%). Klon kontrol BPM 24 memiliki nilai

KKK sebesar 43,79%, yang berada dalam kisaran nilai klon IRR seri 300. Persentase KKK dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Variasi nilai KKK antar klon mencerminkan adanya perbedaan karakter genetik tanaman yang memengaruhi proses biosintesis lateks dan pembentukan partikel karet di dalam pembuluh lateks (Schulze Gronover et al., 2011). Perbedaan genetik klon diketahui berpengaruh terhadap ukuran partikel karet, distribusi molekul poliisoprena, serta komposisi komponen non-karet, yang secara langsung

*brasiliensis* yang berbeda menunjukkan hubungan yang berbeda antara ukuran partikel karet dan sifat lateks, meskipun

berasal dari kondisi lingkungan yang sama, sehingga menghasilkan variasi karakteristik karet mentah termasuk kadar karet kering.



Gambar 1. Nilai KKK pada klon IRR seri 300

Figure 1. DRC value on IRR 300 series clone

Nilai KKK yang relatif tinggi pada sebagian besar klon IRR seri 300 menunjukkan potensi hasil karet yang baik dan mendukung efisiensi proses pengolahan. Lateks dengan KKK tinggi menghasilkan jumlah karet mentah yang lebih besar per satuan volume lateks. Kondisi ini sangat menguntungkan dalam sistem produksi karet spesifikasi teknis (TSR), dimana efisiensi bahan baku menjadi faktor penting dalam menekan biaya produksi. Muniandy, (1990) menegaskan bahwa pemilihan klon unggul dengan karakter lateks yang baik, termasuk kadar karet kering yang tinggi, berperan penting dalam menghasilkan produk karet alam yang kompetitif di pasar global.

Selain berpengaruh terhadap hasil, KKK juga berkaitan dengan sifat fisik dan reologi karet mentah. Penelitian oleh Wang *et al.* (2022) menunjukkan bahwa perbedaan karakter lateks antar klon, termasuk kadar karet dan komponen non-karet, dapat memengaruhi sifat awal karet seperti viskositas dan stabilitas struktur molekuler.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perubahan kadar karet kering pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman, karena variasi ekspresi gen terkait metabolisme lateks serta perbedaan genotipe klon berhubungan dengan perbedaan karakter produksi dan kualitas karet, termasuk kadar karet kering (Woelan *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2018).

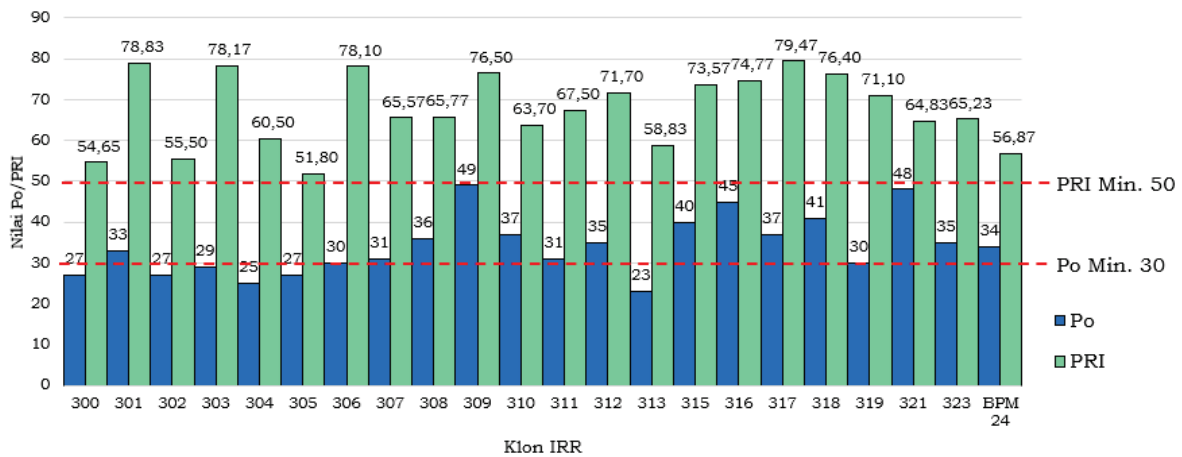
Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa klon IRR seri 300 memiliki nilai KKK yang relatif tinggi, bahkan dalam beberapa klon lebih baik dibandingkan klon kontrol BPM 24. Variasi nilai KKK antar klon menegaskan pentingnya karakterisasi klon sebagai dasar seleksi bahan tanaman unggul untuk produksi karet spesifikasi teknis. Hasil penelitian ini memperkuat hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa perbedaan genetik klon berperan signifikan dalam menentukan karakteristik lateks dan potensi hasil karet alam (Woelan *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2018).

**Plastisitas Awal (Po) dan Indeks Ketahanan Plastisitas (PRI)**

Plastisitas awal (Po) merupakan parameter yang menggambarkan elastisitas dan struktur karet sebelum mengalami proses oksidasi (ISO 2930:2024, 2024). Parameter ini penting karena karet dengan nilai plastisitas awal yang tinggi memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap keausan dan tekanan mekanis sebelum proses penuaan terjadi. Gambar 2 menunjukkan variasi nilai plastisitas awal (Po) dan indeks ketahanan plastisitas (PRI) pada klon IRR seri 300 serta BPM 24 sebagai pembanding. Secara umum, nilai Po klon yang diuji berada pada kisaran 23–49, sedangkan nilai PRI berkisar antara 51,80–79,47. Garis batas minimum standar SIR 10 SNI 1903:2017 (Po ≥ 30 dan PRI ≥ 50) menunjukkan bahwa tidak semua klon memenuhi persyaratan mutu karet spesifikasi teknis. Beberapa klon, seperti

IRR 308, IRR 309, IRR 310, IRR 312, IRR 315, IRR 316, IRR 317, IRR 318, IRR 321, dan IRR 323 menunjukkan kombinasi nilai Po dan PRI yang relatif tinggi. Klon IRR 309 menonjol dengan nilai Po tertinggi (49) dan PRI tinggi (76,50), yang mengindikasikan struktur molekul karet yang kuat serta ketahanan oksidatif yang baik. Kondisi ini mencerminkan rantai polimer yang lebih tinggi dan berkontribusi pada ketahanan terhadap degradasi selama proses penuaan.

Sementara itu beberapa klon seperti IRR 300, IRR 302, IRR 304, IRR 305, dan IRR 313 menunjukkan nilai Po di bawah batas minimum SIR 10 SNI 1903:2017, namun nilai PRI masih memenuhi standar. Hal ini menunjukkan bahwa karet dari klon-klon tersebut relatif lunak pada kondisi awal dan berpotensi kurang tahan terhadap beban mekanis sebelum proses penuaan, walaupun masih memiliki ketahanan oksidasi yang cukup baik.



Gambar 2. Nilai Po dan PRI klon IRR seri 300  
 Figure 2. Po and PRI value on IRR 300 series clone

Indeks ketahanan plastisitas (PRI) merupakan indikator kemampuan karet dalam mempertahankan plastisitasnya setelah terpapar oksidasi, sehingga menjadi parameter penting dalam menilai daya tahan dan ketahanan terhadap penuaan (oksidasi). Proses oksidasi menyebabkan karet rapuh dan kehilangan elastisitasnya, sehingga nilai PRI yang tinggi menunjukkan bahwa karet tetap fleksibel sebagaimana yang dilaporkan oleh (Ceriales, 2025) dalam penelitiannya tentang pengaruh perbedaan jenis penggumpal terhadap sifat karet mentah. Nilai PRI yang relatif tinggi pada Gambar 2 menunjukkan bahwa sebagian besar klon

IRR seri 300 (≥50) memiliki ketahanan yang baik terhadap oksidasi termal. Klon IRR 317 menunjukkan nilai PRI tertinggi (79,47), diikuti oleh IRR 301 (78,83) dan IRR 306 (78,10), yang mencerminkan kemampuan mempertahankan plastisitas yang sangat baik setelah proses penuaan. Hal ini penting untuk aplikasi karet yang memerlukan stabilitas sifat mekanik dalam jangka waktu penggunaan yang panjang.

BPM 24 sebagai klon pembanding memiliki nilai Po sebesar 34 dan PRI sebesar 56,87, yang masih memenuhi persyaratan SIR 10, namun berada pada kisaran bawah dibandingkan sebagian besar klon IRR seri

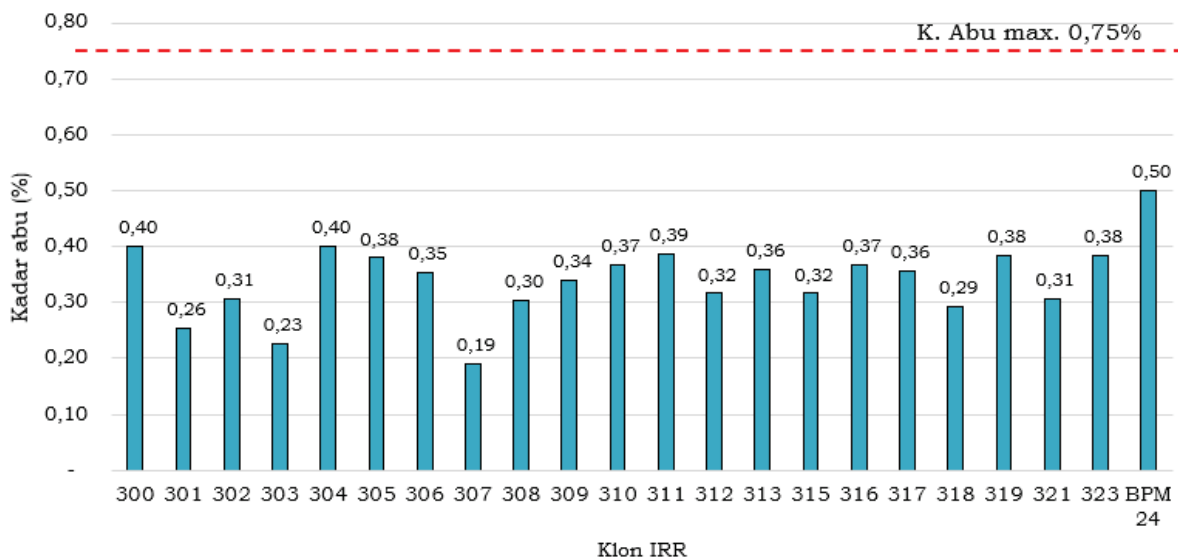
300. Hal ini menunjukkan bahwa klon-klon IRR seri 300 hasil pemuliaannya memiliki potensi mutu karet yang lebih baik dibandingkan klon komersial lama. Hasil penelitian ini sejalan dengan laporan Lehman et al., (2022) yang menyatakan bahwa karakteristik karet alam dapat dipengaruhi oleh faktor genetik klon, yang menentukan struktur molekul, distribusi berat molekul, dan kandungan komponen non-karet pada karet alam. Klon dengan nilai Po dan PRI tinggi umumnya memiliki stabilitas mekanik dan ketahanan penuaan yang lebih baik.

**Kadar Abu**

Kadar abu pada karet mentah

merupakan indikator jumlah komponen anorganik atau fraksi non-karet dalam bahan yang mencerminkan oksida logam dan garam anorganik yang berasal dari lateks atau proses pengolahan. Kadar abu yang tinggi menunjukkan keberadaan mineral/anorganik yang lebih besar dan telah dilaporkan berpengaruh negatif terhadap proses vulkanisasi serta menurunkan performa mekanik vulkanisat karet (Andriani et al., 2018; Handayani, 2014).

Standar SIR 10 menetapkan batas maksimum kadar abu sebesar 0,75% dan hasil penelitian menunjukkan bahwa semua klon yang diuji telah memenuhi persyaratan tersebut.



Gambar 3. Kadar abu pada klon IRR seri 300

Figure 3. Ash content on IRR 300 series clone

Nilai kadar abu pada masing-masing klon bervariasi dari 0,19% hingga 0,50% seperti pada Gambar 3. Klon BPM 24 memiliki nilai tertinggi yaitu 0,50%, sedangkan klon lain seperti IRR 301 (0,26%), IRR 303 (0,23%), dan IRR 307 (0,19%) menunjukkan kadar abu yang lebih rendah. Klon 309 memiliki kadar abu 0,34%, yang menunjukkan tingkat kemurnian yang relatif baik.

Kadar abu yang rendah lebih diminati karena berkontribusi terhadap elastisitas dan kekuatan karet yang lebih baik, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi performa tinggi. Sebaliknya, kadar abu yang relatif lebih tinggi pada BPM 24

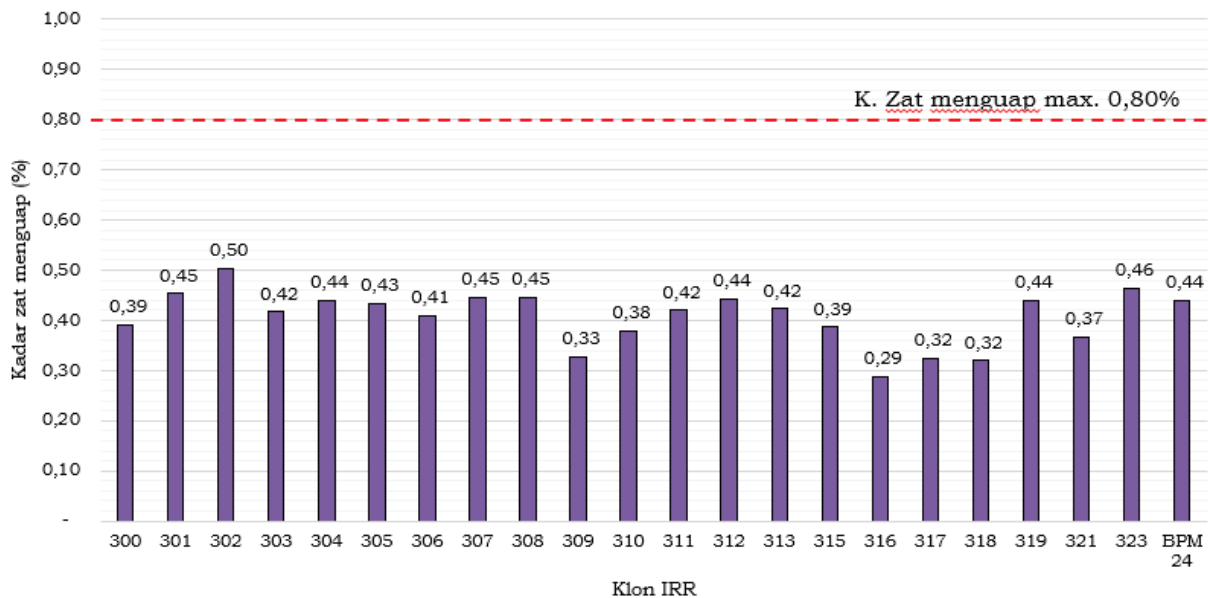
mengindikasikan bahan non-karet yang lebih besar, yang berpotensi menurunkan kekuatan tarik dan fleksibilitas karet. (Sekhar, 1962; Yip, 1990) melaporkan bahwa peningkatan kadar abu berkaitan dengan penurunan elastisitas, kekuatan tarik, dan ketahanan penuaan karet akibat terganggunya interaksi antar rantai polimer serta percepatan reaksi pengerasan selama pemrosesan. Oleh karena itu, kadar abu yang rendah, seperti yang ditunjukkan oleh semua klon IRR seri 300 mengindikasikan tingkat kemurnian karet yang lebih tinggi dan berpotensi menghasilkan sifat elastis dan ketahanan mekanik yang lebih baik pada produk karet spesifikasi teknis.

**Kadar Zat Menguap**

Kadar zat menguap pada karet mencerminkan kandungan air dan senyawa volatil lain yang masih tersisa setelah proses pengolahan awal lateks. Keberadaan zat menguap yang tinggi dapat memengaruhi stabilitas karet selama penyimpanan dan pengolahan, serta berpotensi menurunkan mutu produk karet yang dihasilkan. Menurut Sekhar (1962), kandungan air dan zat volatil yang berlebih dapat mempercepat perubahan sifat fisik karet selama penyimpanan, termasuk peningkatan viskositas dan ketidakkonsistenan proses vulkanisasi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kadar zat menguap yang tinggi

berkorelasi dengan penurunan kualitas produk akhir, termasuk potensi cacat material yang berhubungan dengan struktur, distribusi fase, dan performa mekanik, sehingga hal ini dapat menjadi parameter penting dalam evaluasi mutu produk karet (Curran & Strlič, 2015; Formela, 2022; Patel & Xanthos, 1995). Yip (1990) melaporkan bahwa sisa kelembapan dan zat volatil dalam karet mentah dapat mengganggu proses pematangan, menyebabkan distribusi panas yang tidak merata, serta menurunkan stabilitas sifat mekanik setelah vulkanisasi. Oleh karena itu, karet dengan kadar zat menguap yang rendah cenderung lebih stabil dan lebih mudah dikendalikan dalam proses manufaktur.



Gambar 4. Nilai kadar zat menguap pada klon IRR seri 300

Figure 4. Volatile matter content on IRR 300 series clone

Standar mutu SIR 10 menetapkan batas maksimum kadar zat menguap sebesar 0,80%. Gambar 4 menunjukkan bahwa seluruh klon IRR seri 300 yang diuji memenuhi persyaratan tersebut, dengan klon 316 memiliki kadar zat menguap terendah. Kondisi ini sejalan dengan penelitian oleh Klingensmith & Rodgers (2004) yang menyatakan bahwa karet dengan kadar zat menguap rendah menunjukkan efisiensi pengeringan yang lebih baik, stabilitas penyimpanan yang lebih tinggi, serta konsistensi sifat mekanik pada produk akhir.

Dengan demikian, kadar zat

menguap yang rendah pada klon IRR seri 300 mengindikasikan potensi performa yang lebih baik dalam proses pengolahan dan aplikasi industri serta mutu yang seragam. Sebaliknya, klon dengan kadar zat menguap yang relatif lebih tinggi, meskipun masih berada dalam batas standar, berpotensi memerlukan pengendalian proses tambahan seperti waktu pengeringan atau pematangan yang lebih lama untuk mencapai mutu produk yang optimal.

**Viskositas Mooney**

Viskositas *Mooney* merupakan parameter reologi yang menggambarkan

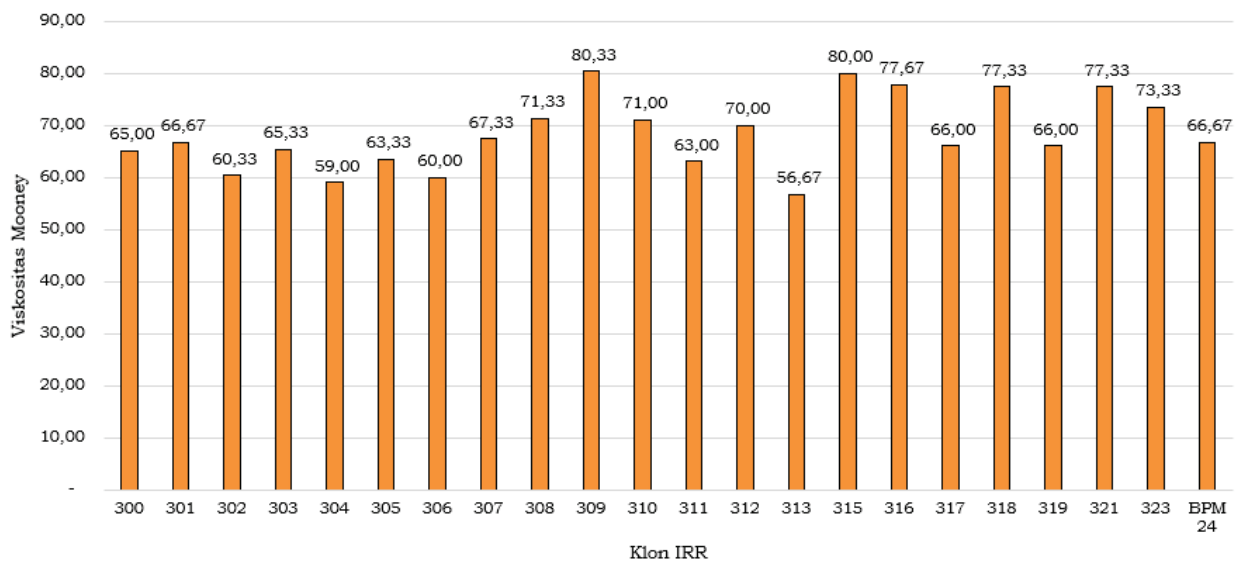


ketahanan aliran (*flow resistance*) karet mentah selama proses pengolahan, sehingga mencerminkan kemudahan pengolahan (*processability*) serta indikasi struktur molekul karet, khususnya berat molekul dan kandungan gel (Bai et al., 2021; Chollakup et al., 2019; Saragih & Pratama, 2023).

Nilai viskositas *Mooney* dinyatakan dalam Mooney Unit (MU) dan umumnya diukur sebagai ML(1+4) 100 °C sesuai metode standar. Gambar 5 menggambarkan nilai viskositas *Mooney* klon IRR seri 300 berada pada kisaran 56–80 MU. IRR 309 dan IRR 315 menunjukkan nilai tertinggi, masing-masing sebesar 80 MU, diikuti oleh IRR 316 (77 MU), IRR 318 (77 MU), dan IRR 321 (77 MU). Nilai ini mengindikasikan bahwa klon-klon tersebut memiliki tekstur karet yang lebih keras dan relatif lebih resisten terhadap aliran selama proses pencampuran dan pembentukan produk. Sebaliknya, IRR 313 menunjukkan nilai viskositas *Mooney* terendah sebesar 56 MU, yang menandakan sifat karet yang lebih lunak dan lebih mudah diolah. Bagaimana dengan BPM 24? Secara umum, nilai

viskositas *Mooney* pada seluruh klon yang diuji masih berada dalam kisaran menengah hingga tinggi yang lazim untuk bahan baku karet spesifikasi teknis (TSR). Meskipun standar SIR 10 tidak menetapkan batas viskositas *Mooney* tertentu, variasi nilai ini penting secara praktis karena dapat mempengaruhi kebutuhan energi pengolahan, suhu pencampuran, serta kestabilan sifat mekanik produk akhir. Karet dengan viskositas *Mooney* tinggi umumnya memerlukan suhu dan gaya mekanik yang lebih besar selama proses, namun cenderung menghasilkan produk dengan ketahanan mekanik yang lebih baik.

Di sisi lain, klon dengan nilai  $P_o$  tinggi, seperti IRR 309 ( $P_o = 49$ ) dan IRR 315 ( $P_o = 40$ ) juga menunjukkan nilai viskositas *Mooney* yang relatif tinggi, yang didukung dengan nilai korelasi antara  $P_o$  dan viskositas *Mooney* sebesar 0,91. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara plastisitas dan viskositas, yang mencerminkan struktur molekul polimer karet yang lebih panjang atau jaringan gel yang lebih berkembang.



Gambar 5. Nilai viskositas mooney pada klon IRR seri 300

Figure 5. Mooney viscosity on IRR 300 series clone

Perubahan viskositas *Mooney* selama penyimpanan juga telah banyak dilaporkan dalam penelitian lain. Peningkatan viskositas Mooney pada karet alam selama penyimpanan dikaitkan dengan proses *storage hardening*, yang disebabkan oleh pembentukan gugus karbonil dan ikatan antar rantai molekul karet (Tanaka & Tarachiwin, 2009). Selain itu, karet dengan

viskositas Mooney tinggi umumnya kurang efisien dalam pemrosesan barang jadi karet karena membutuhkan energi yang lebih besar untuk pencampuran dengan aditif lainnya, sehingga pencampuran karet alam dari beberapa klon sering dilakukan untuk memperoleh rentang viskositas yang diinginkan sesuai jenis karet spesifikasi teknis (Sekhar, 1965).

Kecenderungan meningkatnya nilai viskositas Mooney yang sejalan dengan meningkatnya nilai Po juga telah dilaporkan oleh beberapa peneliti, meskipun hubungan tersebut sangat dipengaruhi oleh pengolahan, kondisi pengeringan, dan tingkat mastikasi karet. Namun, karena seluruh sampel pada penelitian ini diperlakukan dengan kondisi yang sama, perbedaan viskositas *Mooney* yang diamati dapat berasal dari faktor genetik klon karet yang digunakan sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilaporkan oleh S. He et al., (2022).

**Karakteristik Waktu Pematangan Kompon**

Karakteristik waktu pematangan vulkanisasi yang dinyatakan oleh parameter *scorch time* (*ts2*) dan waktu matang optimum (*t90*) merupakan indikator penting dalam mengevaluasi kinetika vulkanisasi. *Scorch time* menggambarkan periode induksi sebelum terjadinya reaksi vulkanisasi yang signifikan, sedangkan *t90* menunjukkan waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi vulkanisasi optimum.

Tabel 3. Karakteristik waktu pematangan kompon karet  
 Table 3. Cure properties of rubber compound

Parameter	IRR 309	IRR 310	BPM 24
S'Max-S'Min (kg-cm)	2,48	2,35	4,45
S' Max (kg-cm)	2,71	2,65	4,65
S' Min (kg-cm)	0,23	0,30	0,20
Waktu matang optimum, <i>t90</i> (menit:detik)	22:34	23:55	14:07
Waktu pra-vulkanisasi/ <i>scorch time</i> , <i>ts2</i> (menit:detik)	17:31	21:19	4:12

Menurut (Khang & Ariff, 2012) nilai *ts2* dan *t90* sangat dipengaruhi oleh struktur molekul karet, kandungan komponen non-karet, serta interaksi kimia selama pembentukan ikatan silang sulfur, sehingga parameter ini sering digunakan untuk menilai *processing window* dan stabilitas proses vulkanisasi. Berdasarkan hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, klon IRR 309 dan IRR 310 menunjukkan nilai *ts2* yang relatif lebih tinggi dibandingkan BPM 24, masing-masing sebesar 17 menit 31 detik dan 21 menit 19 detik.

Nilai *t90* pada klon IRR 309 dan IRR 310 yang relatif lebih lama, masing-masing 22 menit 34 detik dan 23 menit 55 detik. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembentukan ikatan silang berlangsung lebih lambat dibandingkan BPM 24. Sebaliknya, klon BPM 24 menunjukkan nilai *ts2* dan *t90* yang jauh lebih rendah, masing-masing sebesar 4 menit 12 detik dan 14 menit 07 detik, yang menandakan reaksi

vulkanisasi berlangsung lebih cepat namun dengan *scorch safety* yang lebih rendah.

Penggunaan pencepat mercaptobenzothiazole (MBT) dalam penelitian ini menghasilkan karakteristik waktu pematangan dengan laju vulkanisasi sedang, di mana nilai *scorch time* (*ts2*) dan waktu matang optimum (*t90*) sangat dipengaruhi oleh sifat intrinsik karet mentah, sehingga perbedaan klon dapat menghasilkan variasi kinetika vulkanisasi meskipun menggunakan sistem pencepat yang sama (Formela et al., 2015).

**Sifat-sifat Mekanik Karet Klon IRR Seri 300**

Parameter sifat mekanik yang diamati meliputi kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus, modulus pada perpanjangan 300%, dan ketahanan sobek yang berperan penting dalam menentukan kinerja karet pada berbagai aplikasi. Perbandingan sifat mekanik pada IRR 309, IRR 310, dan BPM 24 tersaji pada Tabel 4.

Table 4. Sifat-sifat mekanik karet klon IRR seri 300  
 Table 4. Mechanical properties of rubber IRR 300 series clone

Parameter	Klon clone		
	IRR 309	IRR 310	BPM 24
Kekerasan <i>Hardness</i> (shore A)	22,0	22,0	32,0
Kuat tarik <i>Tensile Strength</i> (Mpa)	5,7	3,3	14,3
Perpanjangan putus <i>Elongation at break</i> (%)	1040,0	1020,0	820,0
Modulus <i>modulus</i> 300%	0,7	0,6	1,3
Ketahanan sobek <i>Tear Strength</i> (kN/m)	10,1	11,5	22,6

Kekerasan karet yang diukur menggunakan skala Shore A mencerminkan ketahanan material terhadap penetrasi atau deformasi permukaan. IRR 309 dan IRR 310 menunjukkan nilai kekerasan yang sama, yaitu 22,0 (shore A) yang mengindikasikan bahwa kedua klon tersebut bersifat relatif lunak dan fleksibel. Sebaliknya, klon BPM 24 memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi, yaitu 32,0 (shore A) yang menunjukkan sifat karet yang lebih keras dan lebih tahan terhadap deformasi ketika menerima beban. Peningkatan nilai kekerasan pada BPM 24 berpotensi memberikan ketahanan aus yang lebih baik, namun di sisi lain dapat menurunkan tingkat fleksibilitas, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi yang memerlukan komponen karet yang relatif kaku.

Kuat tarik yang dinyatakan dalam satuan megapascal (MPa), menunjukkan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh karet sebelum mengalami putus. BPM 24 menunjukkan nilai kuat tarik tertinggi sebesar 14,3 MPa, jauh lebih tinggi dibandingkan IRR 309 (5,7 MPa) dan IRR 310 (3,3 MPa). Hasil ini mengindikasikan bahwa karet dari BPM 24 memiliki ketahanan yang jauh lebih baik terhadap beban tarik, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan daya tahan mekanis tinggi. Sebaliknya, nilai kuat tarik yang rendah pada IRR 310 menunjukkan bahwa klon ini memiliki ketahanan mekanis yang lebih terbatas, sehingga penggunaannya kurang optimal pada lingkungan dengan beban tarik tinggi.

Perpanjangan putus merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan karet untuk meregang sebelum mengalami kerusakan. IRR 309 menunjukkan nilai perpanjangan putus tertinggi sebesar 1.040,0%, diikuti oleh IRR 310 sebesar 1.020,0%, sedangkan BPM 24 memiliki nilai yang lebih rendah, yaitu 820,0%. Nilai perpanjangan putus yang tinggi

menunjukkan bahwa karet mampu mengalami deformasi yang besar sebelum putus, sehingga sangat menguntungkan untuk aplikasi yang memerlukan fleksibilitas tinggi, seperti komponen elastis. Nilai perpanjangan putus yang lebih rendah pada BPM 24 menunjukkan sifat karet yang lebih kaku dan kurang elastis. Hal ini sejalan dengan penelitian J. He et al., (2023) yang melaporkan bahwa perpanjangan putus karet berbanding terbalik dengan nilai kekerasan dan kuat tarik.

Modulus pada perpanjangan 300% merupakan indikator kekakuan karet ketika diregangkan hingga tiga kali panjang awalnya. BPM 24 memiliki nilai modulus tertinggi sebesar 1,3 MPa, yang berarti diperlukan gaya yang lebih besar untuk meregangkannya hingga 300% dibandingkan dengan IRR 309 (0,7 MPa) dan IRR 310 (0,6 MPa). Hal ini menunjukkan bahwa BPM 24 bersifat lebih kaku dan kurang elastis, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi yang memerlukan stabilitas struktur di bawah beban. Sebaliknya, nilai modulus yang lebih rendah pada IRR 309 dan IRR 310 mengindikasikan sifat karet yang lebih lunak dan elastis, yang menguntungkan untuk aplikasi yang membutuhkan daya regang tinggi.

Ketahanan sobek menunjukkan kemampuan karet untuk menahan gaya sobek akibat tekanan mekanis. BPM 24 menunjukkan nilai ketahanan sobek tertinggi sebesar 22,6 kN/m, jauh lebih tinggi dibandingkan IRR 310 (11,5 kN/m) dan IRR 309 (10,1 kN/m). Nilai ketahanan sobek yang tinggi sangat penting untuk aplikasi yang berpotensi mengalami kontak dengan benda tajam atau beban mekanis tinggi, seperti ban kendaraan dan sabuk konveyor. Dengan demikian, BPM 24 lebih sesuai untuk aplikasi berat, sedangkan IRR 309 dan IRR 310 cenderung lebih rentan terhadap sobekan ketika digunakan pada kondisi kerja yang berat.

## KESIMPULAN

Hasil karakteristik dan sifat mekanik karet alam klon IRR seri 300 menunjukkan bahwa seluruh klon IRR seri 300 memenuhi spesifikasi *Standard Indonesian Rubber* (SIR 10) berdasarkan SNI 1903:2017. IRR 309 merupakan klon terbaik secara keseluruhan parameter pengujian karena memiliki nilai Po dan PRI tertinggi, kadar abu dan kadar zat menguap yang relatif rendah, sehingga menghasilkan karet dengan daya tahan dan mutu tertinggi. IRR 310 menunjukkan kinerja yang seimbang dengan elastisitas dan ketahanan oksidasi yang moderat, sehingga sesuai untuk aplikasi umum. Sementara itu, klon BPM 24 meskipun masih memenuhi persyaratan SIR 10, memiliki nilai PRI terendah dan kadar abu tertinggi, yang mengindikasikan bahwa karet dari klon ini berpotensi mengalami degradasi lebih cepat serta mengandung lebih banyak komponen non-karet. Kondisi tersebut menjadikan BPM 24 kurang ideal untuk aplikasi jangka panjang atau aplikasi yang menuntut performa tinggi. Dengan demikian, pemilihan klon yang paling sesuai dapat disesuaikan dengan kebutuhan industri spesifik, baik dari aspek daya tahan, kemudahan pengolahan, maupun tingkat kemurnian karet.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan terima kasih kepada Pusat Penelitian Karet atas dukungan pendanaan riset internal yang diberikan untuk pelaksanaan penelitian ini, serta para teknisi Pemuliaan Tanaman, Teknisi dan Analis Laboratorium Teknologi PPK yang telah membantu pelaksanaan kegiatan bik di lapangan dan laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. (2017). *RUBBER PROPERTIES OF SELECTED CLONES*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:105480309>
- Aidi-Daslin. (2014). *PERKEMBANGAN PENELITIAN KLON KARET UNGGUL IRR SERI 100 SEBAGAI PENGHASIL LATEKS DAN KAYU* *Research Progress on IRR 100 Series Superior Rubber Clones as Timber and Latex Yields*.
- Andriani, W., Puspitasari, S., Wydiantoro, A. N. Z., & Muslich, M. (2018). Evaluasi Jenis Bahan Penstabil dan Koagulan Lateks Pada Sistem Reaksi Hidrogenasi Katalitik Lateks Karet Alam Skala Semi Pilot. *Jurnal Penelitian Karet*, 36(1), 89–100. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v36i1.559>
- Bai, W., Guan, J., Liu, H., Cheng, S., Zhao, F., & Liao, S. (2021). Microstructure and lamellae phase of raw natural rubber via spontaneous coagulation assisted by sugars. *Polymers*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/polym13244306>
- Ceriales, R. J. S. (2025). *Characterization of Semi-Processed Rubber (Hevea brasiliensis Willd.) Treated With Different Coagulants*. X(III). <https://doi.org/10.51584/IJRIAS>
- Chollakup, R., Suwanruji, P., Tantatherdtam, R., & Smitthipong, W. (2019). New approach on structure-property relationships of stabilized natural rubbers. *Journal of Polymer Research*, 26(37). <https://doi.org/10.1007/s10965-018-1685-1>
- Curran, K., & Strlič, M. (2015). Polymers and volatiles: Using VOC analysis for the conservation of plastic and rubber objects. In *Studies in Conservation* (Vol. 60, Issue 1, pp. 1–14). Maney Publishing. <https://doi.org/10.1179/2047058413Y.0000000125>
- Formela, K. (2022). Analysis of volatile organic compounds emission in the rubber recycling products quality assessment. In *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research* (Vol. 5, Issue 4, pp. 255–269). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2022.07.002>
- Formela, K., Wasowicz, D., Formela, M., Hejna, A., & Haponiuk, J. (2015). Curing characteristics, mechanical and thermal properties of reclaimed ground tire rubber cured with various vulcanizing systems. *Iranian Polymer Journal (English Edition)*,

- 24(4), 289–297. <https://doi.org/10.1007/s13726-015-0320-9>
- Handayani, H. (2014). PENGARUH BERBAGAI JENIS PENGUMPAL PADAT TERHADAP MUTU KOAGULUM DAN VULKANISAT KARET ALAM. *Indonesian J. Nat. Rubb. Res*, 32(1), 74–80.
- He, J., Huang, B., Wang, L., Cai, Z., Zhang, J., & Feng, J. (2023). Enhancing Natural Rubber Tearing Strength by Mixing Ultra-High Molecular Weight Polyethylene Short Fibers. *Polymers*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/polym15071768>
- He, S., Zhang, F., Gu, F., Zhao, T., Zhao, Y., Liao, L., & Liao, X. (2022). Influence of Clones on Relationship between Natural Rubber and Size of Rubber Particles in Latex. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 8880. <https://doi.org/10.3390/ijms23168880>
- ISO 2930:2024. (2024). *Raw, natural rubber-Determination of the plasticity retention index (PRI)*. [www.iso.org](http://www.iso.org)
- Junaidi, J., Syafaah, A., Aji, M., Ismawanto, S., Oktavia, F., Subandiyah, S., Montoro, P., & Nuringtyas, T. R. (2024). Adaptation of Latex Diagnosis Parameters Determination using Multiplate Reader and Freeze-Drying Conservation to Support Large-Scale Utilization in Rubber Plantations. *Trends in Sciences*, 21, Manuscript. <https://doi.org/10.48048/tis.2024.7963>
- Khang, T. H., & Ariff, Z. M. (2012). *Vulcanization kinetics study of natural rubber compounds having different formulation variables*. 109(3), 1545–1553. <https://doi.org/10.1007/s10973-011-1937-3>
- Khin, A. A., Yew, T. S., Ling, R., & Rajamoorthy, Y. (2022). *The Outlook for the Current and Future Trends of Natural Rubber Consumption and the World Market Dealing with COVID-19*. <https://www.researchgate.net/publication/363505049>
- Klingensmith, W., & Rodgers, B. (2004). *Natural Rubber and Recycled Materials* (1st ed.). CRC Press.
- Lehman, N., Tuljitrarn, A., Songtipya, L., Uthaipan, N., Sengloyluan, K., Johns, J., Nakaramontri, Y., & Kalkornsurapranee, E. (2022). Influence of Non-Rubber Components on the Properties of Unvulcanized Natural Rubber from Different Clones. *Polymers*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/polym14091759>
- Manoel Biagi Moreno, R., Ferreira, M., de Souza Gonçalves, P., & Henrique Capparelli Mattoso, L. (2003). Avaliação do látex e da borracha natural de clones de seringueira no Estado de São Paulo (1). In *Pesq. agropec. bras* (Issue 5).
- Muniandy, K. (1990). *NATURAL RUBBER IN ENGINEERING APPLICATIONS*.
- Oktavia, V., Suroso, E., & Utomo, T. P. (2014). *STRATEGI OPTIMALISASI BAHAN BAKU LATEKS PADA INDUSTRI KARET JENIS RIBBED S M O K E D S H E E T ( R S S )*. <https://doi.org/10.23960/JTIHP.V19I2.179>
- Omar, M. F., Ali, F., Jami, M. S., Azmi, A. S., Ahmad, F., Marzuki, M. Z., Muniyandi, S. K., Zainudin, Z., & Kim, M. P. (2025). A Comprehensive Review of Natural Rubber Composites: Properties, Compounding Aspects, and Renewable Practices with Natural Fibre Reinforcement. In *Journal of Renewable Materials* (Vol. 13, Issue 3, pp. 497–538). Tech Science Press. <https://doi.org/10.32604/jrm.2024.057248>
- Patel, S. H., & Xanthos, M. (1995). Volatile Emissions During Thermoplastics Processing-A Review. *Advances in Polymer Technology by John Wiley & Sons, Inc.*, 14, 67–77.
- Rukkhun, R., Iamsaard, K., Sdoodee, S., Mawan, N., & Khongdee, N. (2020). Effect of High-Frequency Tapping System on Latex Yield, Tapping Panel

- Dryness, and Biochemistry of Young Hillside Tapping Rubber. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(4), 2358–2367. <https://doi.org/10.15835/48412045>
- Saragih, K. P., & Pratama, D. Y. (2023). Effect of Adding Hydroxylammonium Sulfate to Mooney Viscosity in the Crumb Rubber Industry. *REPROKIMIA*, 27, 2023.
- Schulze Gronover, C., Wahler, D., & Prüfer, D. (2011). *4 Natural Rubber Biosynthesis and Physic-Chemical Studies on Plant Derived Latex*. <https://doi.org/10.5772/17144>
- Sekhar, B. C. (1962). Inhibition of Hardening in Natural Rubber. *Rubber Chemistry and Technology*, 35, 889 – 895. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:96366189>
- Syafaah, A., Ismawanto, S., & Oktavia, F. (2021). PERTUMBUHAN TBM, KARAKTER FISILOGI, DAN KETAHANAN PENYAKIT KLON-KLON KARET IRR SERI 300 DI SUMATERA SELATAN. *Jurnal Penelitian Karet*, 1–10. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v39i1.774>
- Tanaka, Y., & Tarachiwin, L. (2009). Recent advances in structural characterization of natural rubber. *Rubber Chemistry and Technology*, 82(3), 283–314. <https://doi.org/10.5254/1.3548250>
- Williams A. O. (2022). ASSESSMENT OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF NR/SBR BLEND REINFORCED WITH EGG SHELL AND CARBON BLACK. In *NOVATEUR PUBLICATIONS INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIONS IN ENGINEERING RESEARCH AND TECHNOLOGY*(Vol. 9).
- Woelan, S., dan Syarifah Aini PASARIBU Balai Penelitian Sungei Putih, S., & Penelitian Karet, P. (2013). Characters of Physiology, Anatomy, Growth and Latex Yield of IRR 300 Series. In *Indonesian J. Nat. Rubb. Res* (Vol. 31, Issue 1). <https://doi.org/https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v31i1.128>
- Woelan, S., Sayurandi, & Irwansyah, E. (2014). KERAGAMAN GENETIK TANAMAN KARET (HEVEA BRASILIENSIS MUELL ARG.) DARI HASIL PER SIL AN G AN INTERSPESIFIK. *Indonesian J. Nat. Rubb. Res*, 32(2), 109–121.
- Woelan, S., Sayurandi, & Pasaribu, S. A. (2012). KERAGAAN KLON IRR SERI 300 DAN 400 DI PENGUJIAN PLOT PROMOSI. *Warta Perkaretan*, 31(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v31i1.261>
- Wu, C., Lan, L., Li, Y., Nie, Z., & Zeng, R. (2018). The relationship between latex metabolism gene expression with rubber yield and related traits in *Hevea brasiliensis*. *BMC Genomics*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12864-018-5242-4>
- Yip, E. (1990). *Clonal characterisation of latex and rubber properties*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:136793434>